

## 유역하류지역의 토지이용변화 분석

-인도 Moyar유역을 중심으로-

### Analysis of Land Use Pattern Change of Sub-Watershed

-Focused on Moyar, India-

Ponnusamy Malini\* · 유 연\*\*

Ponnusamy Malini · Yeu, Yeon

#### 要 旨

인구의 증가는 하천 유역지역의 토지이용변화를 가속시켜왔으며, 토지이용변화에 대한 공간분포정보는 이들 지역에 대한 효과적인 관리와 계획에 중요한 자료가 되고 있다. 본 연구의 목적은 1989년, 1999년, 2002년도 IRS LISS III 영상자료를 이용하여 인도 서부에 위치한 Moyar유역지역의 1:50,000축척 토지이용변화도를 생성하는데 있다. 약 9가지의 토지이용분류자료는 3개년간의 영상자료를 시각적 판독방법에 의해 추출하였으며, 토지이용변화 검색은 관측시기 I(1989-1999)과 관측시기 II (1999-2002)에 대한 행렬분석방법에 의해 수행되었다. 본 연구를 통하여 기간 II가 기간 I보다 지속가능한 개발과 난개발을 방지하기 위한 실질적인 정보를 보여 주었다.

핵심용어 : 토지이용/피복, 유역하류지역, 다중시기 영상자료, 변화분석, 지속가능개발

#### Abstract

Large pressure on the growing population has increased rapid change in the LULC (land use/land cover) patterns in the watershed area. Spatial distribution of LULC information and its changes are desirable for any effective planning, managing and monitoring activities. The aim of the study is to produce the 1,50,000 scaled LULC change map for the sub-watershed, Western Moyar, India using the multi-temporal satellite image dataset of IRS LISS III images for the year 1989, 1999, and 2002. About 9 classes are extracted using onscreen visual interpretation techniques for all the three years. The change detection analysis was performed using matrix method for period I (1989-1999) and period II (1999-2002). The study reveals that the changes noticed in period II (1999-2002) is comparatively more than period I (1989-1999), which is dynamic information to protect the sub-watershed area from the deterioration and paves the way to for the sustainable development.

**Keywords :** land use/land cover, sub-watershed, multi-temporal satellite image dataset, change detection, sustainable development.

#### 1. 서 론

위성영상 자료는 국토공간의 물리적 공간변화를 분석하는데 있어서 매우 유용하게 활용되고 있다. 최근 도시화가 급속히 진행되어 도시지역 뿐만 아니라 시외 지역을 포함한 준도시, 준 농림지역 등 도시관리지역에 대해 광범위하게 개발행위가 이뤄지고 있으며 그 속도도 급격히 빨라지고 있어서 신속하고 정확한 국토공간 변화 모니터링기술 개발이 필요하게 되었다.

위성영상자료를 이용한 국토공간의 토지이용 분류는 분석가의 기준에 따라서 결과가 달라지는 단점이 있지만 광범위한 지역을 총괄적으로 분석하는데 있어서 커다란 장점을 갖고 있어서 다중시기에 촬영된 위성영상을 이용하여 관측시기별 토지이용현황을 분석하고 이를 비교함으로써 시대별 토지이용변화를 모니터링할 수 있다. 위성영상을 이용한 원격탐측기술 중 가장 활발하게 이용되고 있는 분야 중 하나가 토지피복분류이며, 1974년 R.B Erb의 LANDSAT 데이터를 이용한 토

2010년 5월 6일 접수, 2010년 6월 1일 채택

\* Scientist, Centre for Climate Change and Adaptation Research, Anna University Chennai, India.(malini.ponnusamy@gmail.com)

\*\* 교신저자 · 정회원 · The Ohio State University 박사과정(yeon.yeu@gmail.com)

지피복분류를 시작으로 다양한 기술들이 지속적으로 연구되어 오고 있다(H. Taubenböck, 2006). 토지이용 변화에 대한 각종 자료를 수집하는데 시간과 경비가 많이 소요되고 자료 처리과정에서 오차가 발생하는 문제점을 해결하는 방법으로 원격탐측과 GIS가 함께 사용되고 있다. 원격탐측자료는 토지이용의 변화를 정량적, 정성적으로 해석하는데 적합한 정보를 제공하여 주고 있으며(오치석 외 4인, 2010;Fung and Le Drew, 1987; Eastman and Fulk, 1993; Jensen and Cowen, 1999), 공중에서 조사지역을 관찰한 영상자료를 제공하여 주므로 적절한 모니터링 계획을 수립하는데 적합하다. GIS는 자료처리 시간과 오차를 줄일 수 있으며, 공간상에서 다중 레이어 자료셀에 의한 공간분석을 할 수 있어서 지속가능한 개발계획을 수립하는데 적합한 기술로 평가되고 있다(UN, 1997).

이러한 배경을 근거로 하여 본 연구에서는 다중시기 IRS 위성영상자료를 이용하여 인도의 Moyar유역의 토지피복변화를 추출하고 분석하여 효과적이고 정확한 토지이용 및 피복분류를 수행함으로써 효과적인 토지이용을 수행하는데 필요한 기초자료를 제공하는데 연구목적을 두었다.

### 2. 토지이용변화 분석

토지이용변화를 분석하기 위해서 IRS LISS III 위성영상(1989년, 1999년, 2002년)을 기하보정하였다. 지형도와 위성영상에서 쉽게 찾아낼 수 있는 도로, 교차로, 다리 등의 모서리 점을 지상기준점으로 선택하여 기하보정을 하였으며, 기하보정된 위성영상을 생성할 때 최근린 보간법으로 영상소를 재배열하였다. 이때 지상기준점은 20점이 사용되었으며 기하보정된 영상을 기준영상으로 하고 서브영상들은 영상 대 영상 등록방법으로 등록하였다.

또한 Arc GIS와 ERDAS imagine s/w를 이용하여 IRS 위성영상과 1/50,000 지형도상에서 유역경계, 산림지역과 비 산림지역 경계, 가장 낮은 표고점과 가장 높은 표고점을 디지털화하였다. 기하보정이 완성된 후 토지이용분류를 하였다. 인도의 Moyar 유역에 대해 토지피복형태를 9가지로 분류하였으며, 분류 항목은 마을이 모여 있는 건축물지역, 농촌취락지역, 경작지, 조림지, 산림지역, 불모지, 개활지, 하천, 기타지역으로 구분하였고 단일 코드로 지정하였다. 즉, 1989년, 1999년, 2002년도에 촬영된 IRS LISS III 위성영상을 사용하여 각각의 해당연도의 토지이용분류를 수행한 결과를 이용하여 3개년간의 토지이용변화를 분석하였다. 변

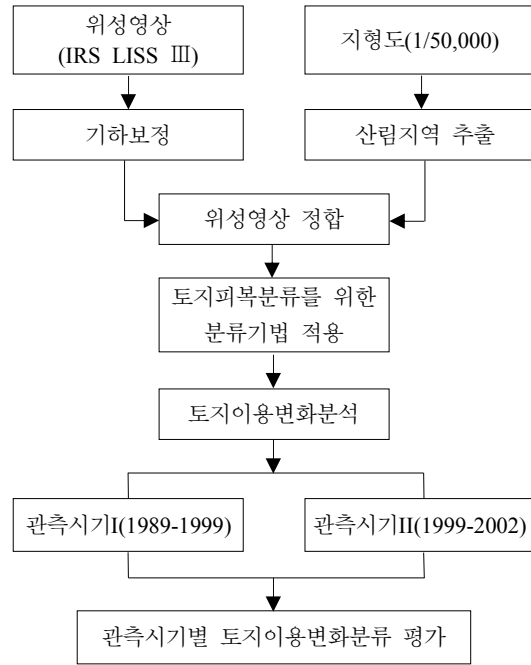


그림 1. IRS LISS III 위성영상을 이용한 토지이용변화 분석 흐름도

화탐지는 다른 시간대에 관측된 자료를 상호 비교하여 변화된 양을 추정하는 것으로서 본 연구에서는 1989년, 1999년, 2002년에 관측된 위성영상을 이용하여 토지피복이 변화된 곳을 추출하였다. 토지이용 및 피복자료는 관측시기 I(1989년~1999년)과 관측시기 II(1999년~2002년)로 구분하여 각각의 기간 동안에 변화된 양을 추정하는데 사용되었다. 행렬기법은 관측시기 중 변화가 일어나지 않은 지역과 변화된 지역을 구분하고 변화된 지역의 경우 어떤 용도로 변화되었는지를 함께 평가할 수 있는 정보를 제공하여 주었다. 본 연구에서 사용한 토지이용변화 분석과정을 정리하여 흐름도로 표시하면 그림 1과 같다.

### 3. 연구지역 및 결과분석

#### 3.1 연구지역

유역지역은 강, 하천, 호수, 강어귀 등 일반적으로 하천을 포함한 전체적인 유역을 의미하며, 사람과 자연생태시스템이 상호 연계된 지역이기도 하다. 유역지역에 대한 관리는 천연자원 개발, 생태계복원, 환경보호 등 새로운 관점에서 포괄적인 접근이 요구된다. 인구증가에 의한 유역지역의 과도한 개발은 전 세계적으로 유역지역을 황폐하게 만들어왔으며, 부적절한 토지이용은

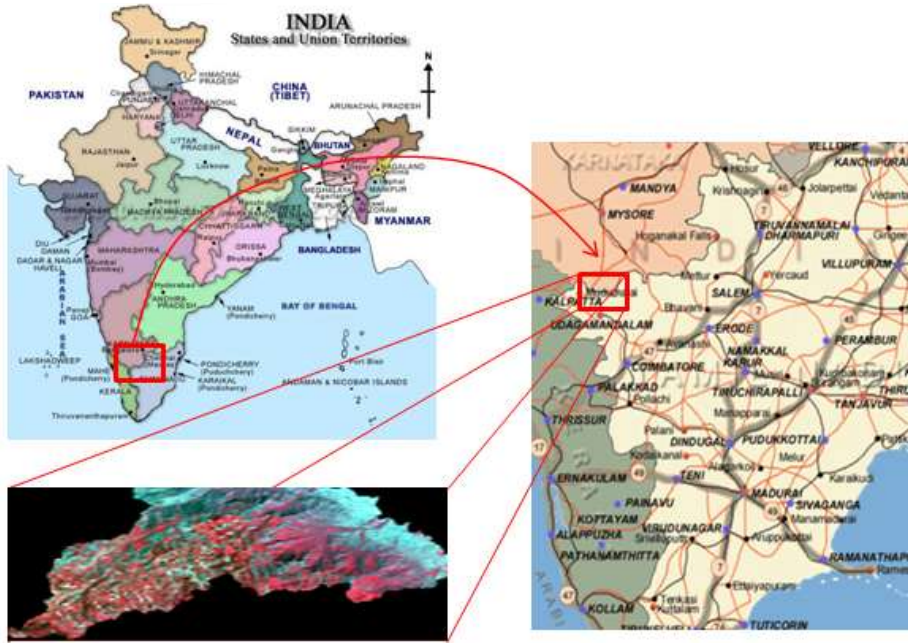


그림 2. 연구대상지(Moyar 유역)

자연재해를 일으킬 수 있는 위험성을 더욱 가중시키고 있으며, 하천변의 인구거주증가는 기상이변에 의한 홍수 피해를 가져올 수 있는 위험요소를 갖고 있다.

위성영상에 의한 유역지역의 토지이용 및 피복에 대한 정보 제공은 유역지역에 대한 개발계획이나 관리, 재해 모니터링에 매우 효과적으로 사용될 수 있다.

인도의 서부에 위치한 Moyar유역은 다양한 자원이 있는 거대한 지역으로서 이 지역의 많은 부분이 이용 가능한 토지자원이 있는 것으로 보고되고 있다. 즉 미래 개발을 위한 황무지의 개간이나 농사기술의 진보를 위한 합리적인 구역지정이 절실한 실정이다. 이러한 배경을 근거로 하여 본 연구에서는 다중시기 위성영상자료를 이용하여 인도 서부 Moyar유역의 토지피복변화를

추출하였다. 인도의 서부에 위치한 Moyar유역지역은 열대, 아열대, 온대기후를 갖고 있는 표고 300~2,400m의 지역으로 높은 산 능선이 있는 구릉지역이다(그림 2). 이 유역지역의 여름평균 최저, 최고온도는 10°C, 25°C이고 겨울에는 각각 4°C, 17°C이며, 북동몬순(12월~3월), 첫 번째 몬순(4월~5월), 남서몬순(6월~9월), 두 번째 몬순(10월~11월)으로 기후가 이뤄져있다. 연평균 강수량은 75일 호우기간이 1210.4mm로 나타났다.

3.2 결과분석

3.2.1 연도별 토지이용 분류

1989년, 1999년, 2002년에 대한 IRS 위성영상을 이용하여 9가지 토지이용분류 항목으로 구분하여 토지피

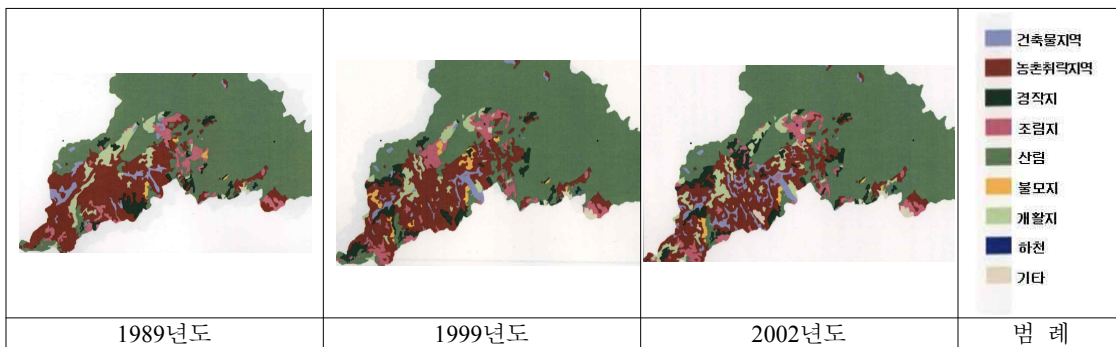


그림 3. 연도별 토지이용분류 결과

표 1. 관측시기 I(1989년-1999년)의 토지이용변화 분석

1989년 (ha)	분류	1999년(ha)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	합
	1	554.05	304.7	0	0	0	0	0	0	0	858.75
	2	369.38	5096.85	480.55	467.65	0	0	401.64	0	0	6816.07
	3	206.38	0	547.43	161.62	0	0	0	0	0	915.43
	4	0	520.7	102.06	720.23	0	0	0	0	0	1342.99
	5	0	0	0	0	22009	0	0	0	0	22009
	6	0	0	0	0	0	120.15	0	0	0	120.15
	7	172.91	0	125.39	250.67	0	200.04	506.93	0	0	1255.94
	8	0	0	0	0	0	0	0	5.35	0	5.35
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	62.84	62.84
	합	1302.72	5922.25	1255.43	1600.17	22009	320.19	908.57	5.35	62.84	33386.52

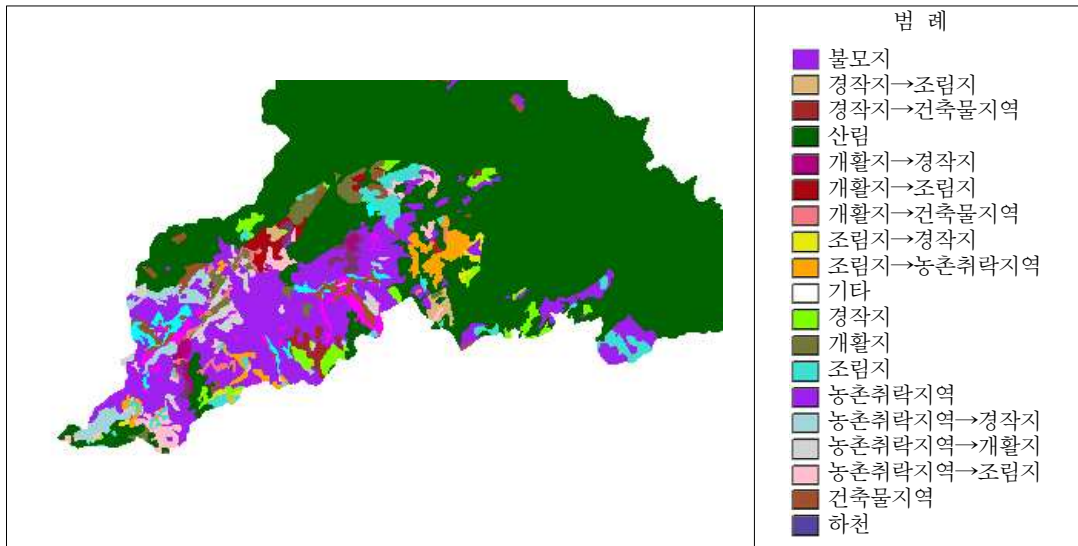


그림 4. 관측시기 I(1989년~1999년)의 토지이용변화 분포도

복을 분류하였다. 즉, 건축물지역, 농촌취락지역, 경작지, 조림지, 산림지, 불모지, 개활지, 하천, 기타 등 9가지로 분류하였고 면적의 총합은 약33,387ha 로 나타났다. 1989년 분류항목 중 건축물지역이 858.75ha, 농촌취락지역이 6,816.09ha, 산림지가 22,009.65ha, 그리고 기타가 62.84ha로 분류되었다. 또한 1999년과 2002년에는 건축물지역이 742.34ha, 1180.16ha, 농촌취락지역이 6143.15ha, 5600.13ha, 산림지가 22009.36ha, 22009.36ha 그리고 기타가 각각 169.80ha, 136.60ha로 분류되었다(표 1, 그림 3).

3.2.2 토지이용변화 분석(관측시기 I)

1989년과 1999년 사이에 발생한 토지이용변화를 분석하기 위해서 각각의 연도별로 토지이용분류를 수행한

후 상호 비교하여 변화된 량을 추정하였다(표 1, 그림 4). 건축물지역은 554.05ha로서 전체의 1.65%를 차지하고 있으며, 농촌취락지역은 5096.85ha로서 15.26%로 나타났다. 또한 경작지, 조림지, 산림지, 불모지, 개활지, 하천은 각각 547.43ha(1.63%), 720.23ha(2.15%), 120.15ha(0.35%), 506.93ha(1.51%), 5.35ha(0.01%)로 나타났다. 1989년부터 1999년까지 약 10년간 토지이용변화를 분석하면 건축물지역이 농촌취락지역으로 변경된 면적이 304.74ha(0.91%)이고, 농촌취락지역이 건축물지역으로 변경된 면적은 369.38ha(1.10%)로서 건축물지역이 약간 증가된 경향을 보여주고 있다. 또한 농촌취락지역이 경작지로 480.55ha(1.43%), 조림지로 467.65ha(1.40%), 개활지로 401.64ha(1.20%) 변화되었음을 알 수 있었다. 경작지의 206.38ha(0.61%)는 건

표 2. 관측시기 II(1999년-2002년)의 토지이용변화 분석

분류	2002년 (ha)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	합	
1999년 (ha)	742.34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	742.34
2	512.87	5403.22	113.41	0	0	0	113.64	0	0	6142.92	
3	0	0	1201.01	0	0	0	145.44	0	0	1346.45	
4	0	0	305.04	1311.09	0	0	0	0	0	1616.13	
5	0	0	0	0	22009	0	0	0	0	22009	
6	0	0	0	0	0	416.39	0	0	0	416.39	
7	0	0	0	0	0	0	935.53	0	0	935.53	
8	0	0	0	0	0	0	0	8.06	0	8.06	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	169.8	169.8	
합	1255.21	5403.22	1619.46	1311.09	22009	416.39	1194.61	8.06	169.8	33386.62	

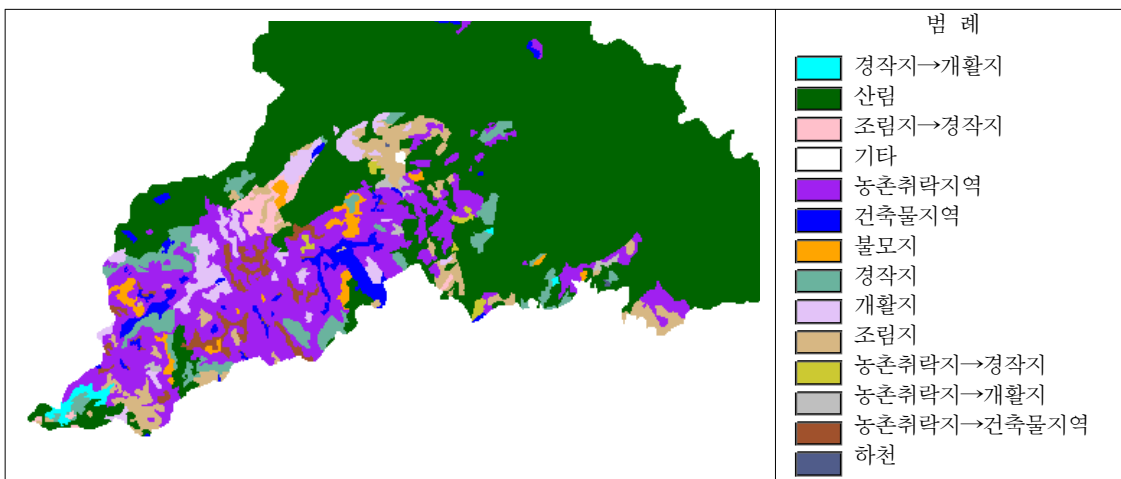


그림 5. 관측시기 II(1999년-2002년)의 토지이용변화 분포도

축물지역으로, 161.62ha(0.48%)는 조림지역으로 변화되었고, 조림지의 520.70ha(1.55%)는 농촌취락지역으로, 102.06ha (0.30%)는 경작지로 변화되었다.

농촌취락지역으로 변화된 개활지는 172.91ha(0.51%)이고, 경작지로 변화된 개활지는 125.39ha(0.37%), 조림지로 변화된 개활지는 250.67ha(0.75%), 불모지로 변화된 곳은 200.04ha(0.59%)이었다.

### 3.2.3 토지이용변화 분석(관측시기 II)

토지이용변화를 관측시기 II(1999년-2002년)에 대해 분석하였으며 그 결과는 그림 5, 표 2에 나타내었다. 농촌취락지역은 건축물지역으로 512.87 ha(1.53%)가 변화되었으며, 경작지로 113.41ha(0.34%), 개활지로 113.64ha(0.38%)가 변화되었다. 또한 경작지의 145.44ha (0.43%)가 개활지로 변화되었고, 조림지의 305.04ha (0.91%)가 경작지로 변경되었다. 그 밖의 산림지, 불모

지, 개활지, 하천은 변화가 없었으며, 169.8ha는 그림자에 의해 분류가 되지 않는 지역으로 판정되었다. 이상의 결과를 볼 때 Moyer유역지역은 2000년대 이후 인구유입에 의한 개발이 과거의 10년보다 급격히 이뤄졌음을 알 수 있으며 이에 따른 생태보전과 재해방재 대책 등에 대한 수립이 요구되며 원격탐사는 토지이용변화를 모니터링하는데 효과적인 정보를 제공하여 주었다.

### 4. 결론

다중시기 IRS LISS III 위성영상자료를 이용하여 인도의 서부 Moyer유역의 토지피복변화를 관측시기 I(1989년-1999년), 관측시기 II(1999년-2002년)로 구분하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

건축물지역의 경우 1989년에는 858.75ha, 1999년에는 742.34ha로 다소 감소되었으나 2002년에는

1180.16ha로 크게 증가된 모습을 보여 주었으며 경작지는 915.43ha(1989년), 1346.51ha(1999년), 1451.63ha(2002년)로 꾸준히 증가되었고, 조림지와 불모지가 감소되는 추세를 보였다. 이상의 결과를 볼 때 Moyar유역지역은 2000년대 이후 인구유입에 의한 개발이 과거의 10년보다 급격히 이뤄졌음을 알 수 있으며 이에 따른 생태보전과 재해방재 대책 등에 대한 수립이 요구됨을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. 오치영, 박소영, 최철웅, 전성우, 2010. "위성영상과 GIS를 이용한 낙동강하구 지형변화탐지", 한국지형공간정보학회지, 18권 1호, pp.21-30.
2. Eastman JR, Fulk M. 1993. "Long sequence time series evaluation using standardized principle components". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 59(6), pp.991-996.
3. Fung T, LeDrew E. 1987. "Application of principal components analysis change detection". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 53(12), pp.1649-1658.
4. Hannes Taubenböck, 2006, "An Urban Classification Approach Based On An Object Oriented Analysis Of High Resolution Satellite Imagery For A Spatial Structuring Within Urban Areas", 1st EARSeL Workshop of the SIG Urban Remote Sensing.
5. Jensen JR, Cowen, DC. 1999. "Remote sensing of urban suburban infrastructure and socio-economic attributes". *Photogrammetric Engineering&Remote Sensing*, 65(5), pp.611-622.
6. United Nations. 1997. *Guide lines and manual a land use planning and practices in watershed management and disaster reduction : economic and social concerns for Asia and Pacific.*